

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 423 513 A2**

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 90118431.7

Int. Cl.<sup>5</sup>: **H01S 3/085**, **H01S 3/025**,  
**H01L 33/00**

Anmeldetag: 26.09.90

Priorität: 18.10.89 DE 3934748

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
24.04.91 Patentblatt 91/17

Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

Anmelder: **Standard Elektrik Lorenz  
Aktiengesellschaft**  
**Lorenzstrasse 10**  
**W-7000 Stuttgart 40(DE)**  
**DE**

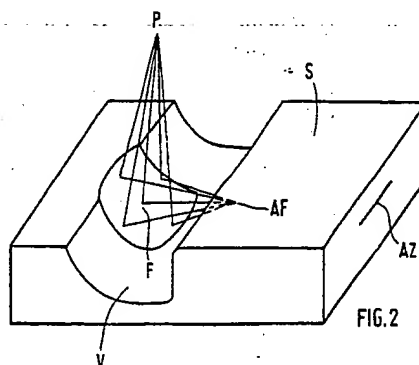
Anmelder: **ALCATEL N.V.**  
**Strawinskylaan 341 (World Trade Center)**  
**NL-1077 XX Amsterdam(NL)**  
**FR GB IT**

Erfinder: **Dütting, Kaspar**  
**Mähdachstrasse 38**  
**W-7000 Stuttgart 31(DE)**  
Erfinder: **Wünstel, Klaus, Dr.**  
**Stiegelstrasse 18**  
**W-7141 Schwieberdingen(DE)**

Vertreter: **Pechhold, Eberhard, Dipl.-Phys. et  
al**  
**Standard Elektrik Lorenz AG Patent- und  
Lizenzwesen Postfach 30 09 29**  
**W-7000 Stuttgart 30(DE)**

### Laserswafer und Verfahren zu seiner Herstellung.

Ein Laserswafer enthält eine dem Lasersystem (AF, AZ) gegenüber angeordnete, in den Wafer integrierte Facette (F) die als Hohlspiegel zur Fokussierung des aus dem Lasersystem austretenden divergierenden Lichtes dient. Die Facette (F) wird durch Herausätzen einer Vertiefung (V) in dem das Lasersystem enthaltenden Halbleitersubtrats (S) mittels eines Trockenätzverfahrens hergestellt. Eine zweidimensionale Krümmung der die Facette bildenden, dem Lasersystem gegenüberliegenden Wand der Vertiefung wird dadurch erreicht, daß die Krümmung in einer Dimension durch die Form der die Vertiefung begrenzenden Aussparung in einer die Substratoberfläche schützenden Photolackmaske vorgegeben, in der anderen Dimension durch schrägen Ioneneinfall beim Trockenätzen erreicht wird.



## LASERWAFER UND VERFAHREN ZU SEINER HERSTELLUNG

Die Erfindung betrifft einen Laserwafer gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Aus einem Aufsatz von Z.L. Liao und J.N. Walpole in Appl. Phys. Lett. 46(2), 15. Jan. 1985 ist ein derartiges Laserwafer bekannt.

Bei diesem Laserwafer wird die Vertiefung im Halbleiter-Schichtpaket, die den senkrechten Lichtaustritt ermöglichen soll, durch stufenweises Herausätzen von Halbleitermaterial erzeugt. Sie hat die Gestalt eines Grabens, dessen vom Lasersystem abliegenden Wand in Ebenen senkrecht zur Grabenlängsrichtung gekrümmt ist, in Grabenlängsrichtung jedoch gerade verläuft. Diese eindimensional gekrümmte Wand ist nicht in der Lage, das in Grabenlängsrichtung divergierende Laserlicht zu fokussieren. Um das senkrecht zur Oberfläche des Halbleiter-Schichtpaketes austretende Laserlicht auf einen eng begrenzten Bereich, z.B. die Eintrittsfläche eines Lichtwellenleiters, fokussieren zu können, ist demnach ein weiteres optisches Bauelement erforderlich, welches gesondert hergestellt und, genau justiert, mit dem Laserwafer verbunden werden muß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Laserwafer der o.g. Art zur Verfügung zu stellen, welcher alle zur Strahlfokussierung erforderlichen Mittel integriert enthält.

Ein solcher Laserwafer wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1, ein Verfahren zu seiner Herstellung durch die Merkmale des Patentanspruchs 2 beschrieben.

Durch die zweidimensional gekrümmte, facettenartig ausgebildete vom Lasersystem abliegende Wandung der Vertiefung wird das vom Lasersystem abgegebene, zunächst divergierende Laserlicht sowohl in eine zu den Schichtebenen des Halbleiter-Schichtpaketes senkrechte Richtung umgelenkt als auch konzentrisch, zur Strahlmittellachse hin fokussiert, so daß das gesamte, durch die Facettenoberfläche umgelenkte Laserlicht innerhalb eines eng begrenzten Brennflecks eine zur Halbleiteroberfläche parallele Brennebene durchsetzt oder aber als weitgehend paralleler Lichtstrahl aus der im Halbleiter erzeugten Vertiefung austritt.

Das im Patentanspruch 2 beschriebene Verfahren ermöglicht die Herstellung der Facetten auf im Vergleich zu dem beim Stand der Technik verwendeten Stufenätzverfahren recht einfache Weise:

Während beim Stufenätzen den Ätzschritten Heizphasen folgen müssen, in denen die durch das Ätzen erzeugten Stufen durch Materialwanderung geschliffen werden, lassen sich bei dem im Patentanspruch 2 verwendeten Trockenätzverfahren die Facetten in einem Arbeitsgang herausarbeiten.

Anschließendes Bedampfen, wie es z.B. bei in den Unteransprüchen 3, 4 und 7 beschriebenen Ausgestaltungen erforderlich ist, läßt sich in derselben Trockenätzanlage oder Anlage, in der das Trockenätzen stattfindet, durchführen.

Weiterbildungen des Laserwafers nach der Erfindung sind in den Unteransprüchen 3 bis 6 angegeben:

Durch Verspiegelung der Facetten (Gegenstand des Anspruchs 3) wird eine möglichst vollständige Reflexion des erzeugten Laserlichts in eine zu den Schichtebenen des Halbleiters senkrechte Richtung erreicht.

Wird auf der dem Lasersystem gegenüberliegenden Seite der Vertiefung im Schichtpaket eine Monitordiode (Anspruch 3) erzeugt, was gleichzeitig mit der Herstellung des Lasersystems geschehen kann, so muß die Verspiegelung der Facette einen Teil des Laserlichtes durchlassen, was durch eine entsprechend dünne Verspiegelung, z.B. mittels einer Goldschicht, erreicht wird. Zusätzlich muß vor der Verspiegelung die Facettenoberfläche, z.B. durch eine SiO<sub>2</sub>-Schicht, gegen die metallische Verspiegelungsschicht isoliert werden, um einen Kurzschluß der aktiven Schichten der Monitordiode durch die elektrisch leitfähige Verspiegelung zu vermeiden.

Die Ansprüche 5 und 6 beziehen sich auf die Krümmung der Facettenoberfläche, die nach Anspruch 5 als Teil einer Paraboloidoberfläche, nach Anspruch 6 als Teil einer Ellipsoidoberfläche ausgestaltet sein kann. Wird die Facettenoberfläche so angeordnet, daß die Austrittsfläche des Lasersystems etwa im Brennpunkt des Paraboloids oder einem der Brennpunkte des Ellipsoids liegt, so gibt der Laserwafer bei paraboloidischer Facettenoberfläche etwa parallel gerichtetes Licht, bei ellipsoidischer Facettenoberfläche auf einen Brennpunkt hin konvergierendes Licht ab.

Anspruch 7, schließlich, beschreibt das Verfahren nach Anspruch 2 für den Fall, daß, gemäß Anspruch 4, Monitordioden vorhanden sind.

Anhand von 5 Figuren sollen nun ein Ausführungsbeispiel des Laserwafers nach der Erfindung sowie ein Verfahren zu seiner Herstellung eingehend beschrieben werden.

Es zeigen:

Fig. 1a und b einen Laserwafer nach dem Stand der Technik,

Fig. 2 das Prinzip des Laserwafers nach der Erfindung,

Fig. 3 einen Halbleiter-Wafer mit Photolackmaske vor der Trockenätzung,

Fig. 4 ein Schema des Trockenätzvorganges,

Fig. 5 Schnitt durch einen Wafer mit Lasersy-

stem nach der Erfindung und integrierten Monitordioden.

In Fig. 1a ist ein Schnittbild eines Laserwafers nach dem Stand der Technik wiedergegeben. In ein Halbleiter-Schichtpaket (Substrat S), in dem im Bereich der Trennfläche von p-leitendem Halbleitermaterial p und n-leitendem Halbleitermaterial n ein Lasersystem L geschaffen ist, ist eine Vertiefung V eingetätzt, deren lasersseitige Wandung im wesentlichen senkrecht ausgebildet ist, und deren vom Lasersystem abliegende Wandung zum Lasersystem hin konkav gekrümmt ist und als Hohlspiegel SP wirkt, der den vom Laser ausgehenden divergierenden Lichtstrahl um  $90^\circ$  ablenkt und auf einen Brennpunkt B hin fokussiert.

In Fig. 1b, die das Substrat in räumlicher Sicht wiedergibt, ist erkennbar, daß die Krümmung der vom Lasersystem abliegenden Wandung der Vertiefung V nur in einer Dimension besteht, so daß der in Fig. 1a wiedergegebene, in einer Ebene senkrecht zur Längsachse der Vertiefung erscheinende Brennpunkt B bei Übergang zu räumlicher Betrachtung in eine Brennnlinie BL übergeht, eine Fokussierung des Laserlichts in einer Ebene parallel zur Längsachse der Vertiefung V mithin nicht stattfindet.

Beim Laserwafer nach der Erfindung, dessen Prinzip Fig. 2 wiedergibt, ist dagegen jeder Lichtaustrittsfläche AF der in aktiven Zonen AZ des Substrats S geschaffenen Lasersysteme eine zweidimensional gekrümmte Facette F in der dem Lasersystem gegenüberliegenden Wand der Vertiefung V zugeordnet. Das vom Lasersystem divergierend ausgestrahlte Laserlicht wird durch die Oberfläche der Facette F auf einen Brennpunkt P hin fokussiert. Die Brennpunkte, durch die das gesamte, von der Oberfläche der Facette reflektierte Licht in der Umgebung des Brennpunkts P tritt, ist im günstigen Falle so klein, daß dort eine nahezu verlustfreie Einkopplung des Laserlichtes in einen Lichtwellenleiter ohne zusätzliche optische Bauelemente möglich ist. Hierzu muß die Facettenoberfläche Teil einer Ellipsoidfläche sein, in deren einem Brennpunkt die Austrittsfläche des Lasers angeordnet ist. Wird anstelle einer Ellipsoidfläche eine Paraboloidfläche geschaffen, so tritt das Laserlicht im wesentlichen parallel aus der Vertiefung V aus.

Um einen Laserwafer nach der Erfindung herzustellen, wird ein auf bekannte Art und Weise geschaffenes Substrat S mit in aktiven Zonen AZ angelegten Lasersystemen mit Photolack beschichtet und derart mit entsprechender Chrommaske belichtet, daß die in Fig. 3 wiedergegebene Struktur entsteht. In den die einzelnen Laserbereiche abdeckenden Photolackfeldern PH sind Aussparungen FA vorgesehen, die die Krümmungen der später einzutätzenden Facetten in Ebenen parallel zur Längsachse der zwischen den Laserbereichen ent-

stehenden Vertiefungen bestimmen.

Zum Ätzen der Vertiefungen einschließlich der Facetten wird das mit der Photolackmaske versehene Substrat S in einer Reaktionskammer einem Ionenstrahl ausgesetzt, der aus einer Quelle Q (Fig. 4) stammt und die Substratoberfläche unter variierbarem Einfallswinkel trifft. Das Substrat ist, wie in Fig. 4 dargestellt, z.B. um die Oberflächennormale X drehbar und eine horizontale Achse Y schwenkbar angeordnet. Die Intensität und Zusammensetzung des Ionenstrahls sowie die Verweildauer des Substrates in zur Erzeugung einer gewünschten Facettenkrümmung günstigen Positionen sind während des Trockenätzprozesses ebenfalls variierbar.

Die Verspiegelung der Facettenoberfläche erfolgt im Anschluß an das Ätzen, z.B. in derselben Reaktionskammer. Ist eine der Verspiegelung unterlagerte Isolationsschicht erforderlich, um einen Kurzschluß einer dem Lasersystem gegenüberliegenden Monitordiode durch die Metallschicht des Spiegels zu vermeiden, so läßt sich auch die Isolierschicht (z.B.  $\text{SiO}_2$ ) im selben Reaktionsgefäß aufbringen.

In Fig. 5 ist ein Schnitt durch ein Substrat S, quer zur Längserstreckung der Vertiefungen V1, V2 wiedergegeben. Zwei Lasersysteme L1, L2 mit gegenüberliegenden Monitordioden M1, M2 geben ihr Licht jeweils in Richtung auf die als Facette ausgebildete Wand der zugeordneten Vertiefung aus. Die zweidimensional gekrümmten Facettenoberflächen tragen eine halbdurchlässige Spiegelschicht SP, die von einer Isolierschicht IS unterlagert ist. Entlang der Trennfläche TF wird das Substrat S nach Fertigstellung der Laserwafer gespalten.

#### Ansprüche

1. Laserwafer mit mindestens einem in ein Halbleiter-Schichtpaket eingebetteten, parallel zu den Schichtebenen emittierenden Laser-System mit jeweils einer im Laserstrahl angeordneten, in das Schichtpaket eingetätzten Vertiefung, deren zum Lasersystem hin gelagerte Wandung größtenteils eben und senkrecht zum Laserstrahl orientiert ist und deren dem Lasersystem gegenüberliegende Wandung zum Laser hin konkav gekrümmt und derart gegen die Laserstrahlrichtung geneigt ist, daß der an der Oberfläche der Wandung reflektierte Teil des Laserlichts im Mittel senkrecht zu den Schichtebenen aus der Vertiefung austritt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die vom Lasersystem (L, L1, L2) abliegende Wandung der Vertiefung (V) zweidimensional gekrümmt ist und mindestens eine dem Lasersystem gegenüberliegende Facette (F) bildet, die als Hohlspiegel wirkt und als solcher den Laserstrahl fokussiert.

2. Verfahren zur Herstellung des Laserwafers nach

Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Aufbau des Halbleiter-Schichtpaketes (Substrat S) mit den in dieses eingebetteten Laser-Systemen (L1, L2) auf der Oberfläche des Schichtpaketes auf bekannte Art und Weise eine Photolackmaske (PH) erzeugt wird, welche an den Stellen, an denen Vertiefungen (V1, V2) in das Schichtpaket eingätzt werden sollen, Aussparungen (FA) enthält, deren vom Laser abliegender Rand, entsprechend der Krümmung der in der jeweiligen Vertiefung zu erzeugenden Facette (F), entlang der Oberfläche des Schichtpakets zum Laser hin konkav gekrümmt ist, daß danach das Schichtpaket im Bereich der zu erzeugenden Vertiefungen unter schrägem Ionen-einfall trocken geätzt wird, wobei der Einfallswinkel des Ionenstrahls während des Trockenätzens in zwei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen derart variiert wird, daß sich im Bereich der Aussparungen (FA) der Photolackmaske die gewünschten, zweidimensional gekrümmten Facettenoberflächen bilden.

3. Laserwafer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche (SP) der dem Lasersystem (L2) gegenüberliegenden Facette verspiegelt ist.

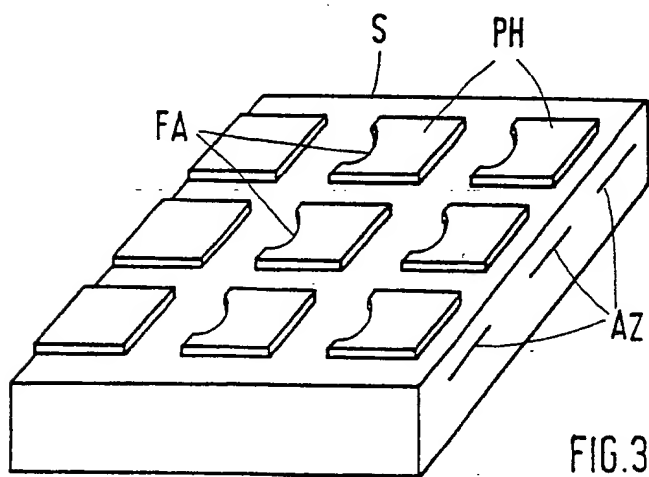
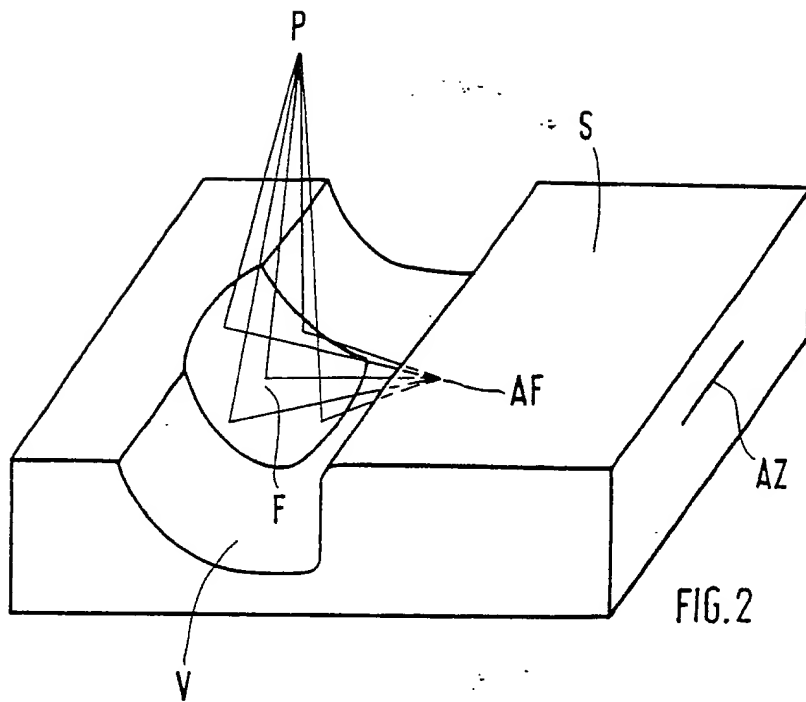
4. Laserwafer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß auf der dem Lasersystem (L2) gegenüberliegenden Seite der Vertiefung (V2) im Schichtpaket (Substrat S) eine Monitordiode (M2) ausgebildet ist, und daß die auf der dem Lasersystem gegenüberliegenden Facette aufgebraachte Verspiegelung (SP) teilweise lichtdurchlässig und durch eine unterlagerte Isolierschicht (IS) vom System der Monitordiode (M2) elektrisch getrennt ist, oder selbst ein Isolator ist.

5. Laserwafer nach Anspruch 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der dem Lasersystem gegenüberliegenden Facette Teil der Oberfläche eines Paraboloids ist, in dessen Brennpunkt die Austrittsfläche (AF) des Lasersystems angeordnet ist.

6. Laserwafer nach Anspruch 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche der dem Lasersystem gegenüberliegenden Facette Teil der Oberfläche eines Ellipsoids ist, in dessen einem Brennpunkt die Austrittsfläche (AF) des Lasersystems angeordnet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß beim Aufbau des Halbleiter-Schichtpaketes (Substrat S) mit den in dieses eingebetteten Lasersystemen (L1, L2) Monitordioden (M1, M2) erzeugt werden, die, den Lasersystemen gegenüberliegend, die Oberfläche eines Hohlspiegels aufweisen, und daß zur Erzeugung einer Teilverspiegelung vor dem Aufbringen einer teildurchlässigen Schicht eine elektrisch isolierende Schicht (IS) aufgebracht wird, sofern die teildurchlässige Schicht nicht selbst isolierend ist.







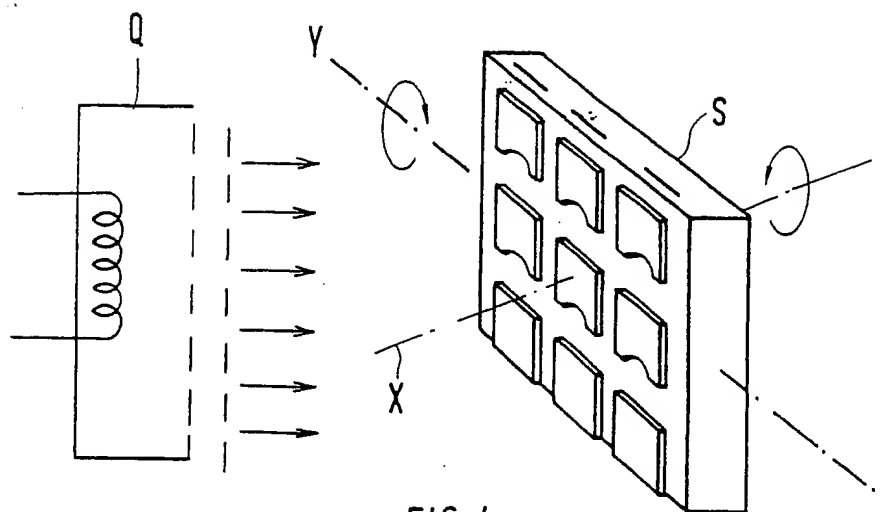


FIG. 4

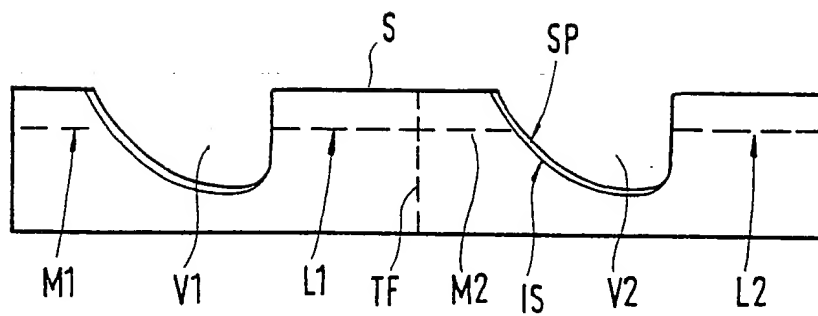


FIG. 5

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**